

## Cadernos de geoprocessamento (6): roteiro prático para a representação da projeção de copas de árvores em SIGs

<sup>1</sup>Maria Augusta Doetzer Rosot

<sup>2</sup>Maria Izabel Radomski

<sup>3</sup>Neuri Carneiro Machado

<sup>4</sup>Marilice Cordeiro Garrastazu

<sup>5</sup>Luziane Franciscon

### Introdução

As geotecnologias têm sido uma valiosa ferramenta para a aquisição, o armazenamento, a manipulação e o processamento de dados de inventários florestais. Entre as muitas atividades que podem ser apoiadas por geoprocessamento, encontra-se a espacialização das árvores medidas, constituindo o denominado “mapa de árvores”, empregado em inventários florestais contínuos (IFC). Nos IFCs, as parcelas amostrais são demarcadas de forma permanente na floresta e o mapa facilita as remedições periódicas ao possibilitar uma localização mais rápida de cada árvore.

Além da representação da localização das árvores dentro das parcelas, os SIGs (sistemas de informações geográficas) oferecem a possibilidade de consultas espaciais e por atributos por meio da conexão dos dados espaciais a tabelas externas contendo dados do inventário (ROSOT et al., 2011). Assim, operações simples usando filtros permitem, por exemplo, selecionar e visualizar a posição de determinadas

espécies dentro da parcela, que possuam determinadas dimensões (diâmetro, altura, etc.). Também podem ser efetuadas operações de seleção espacial, como mostrar todas as parcelas amostrais que contenham uma ou mais espécies de interesse.

O processamento dos dados das parcelas é executado em planilhas eletrônicas ou em programas específicos. No entanto, os SIGs também permitem a realização de cálculos tabulares simples, como aqueles relativos à conversão de valores de circunferência à altura do peito (CAP) para diâmetro à altura do peito (DAP); obtenção da área transversal por árvore; conversão de valores para hectares ou outra unidade; e cálculo de incrementos, no caso de medições periódicas, por exemplo. Ainda estão disponíveis cálculos de estatísticas descritivas (soma, média, desvio-padrão, etc.) para campos numéricos e sumarização por campos, tais como a soma das áreas transversais por espécie, por exemplo. Procedimentos mais complexos podem envolver análises do padrão de distribuição

<sup>1</sup>Engenheira florestal, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Florestas, [augusta.rosot@embrapa.br](mailto:augusta.rosot@embrapa.br)

<sup>2</sup>Engenheira-agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Florestas, [maria.radomski@embrapa.br](mailto:maria.radomski@embrapa.br)

<sup>3</sup>Engenheiro florestal, Mestrando, Pesquisador da Secretaria da Agricultura e Abastecimento - SEAB/PR, [neurimachado@seab.pr.gov.br](mailto:neurimachado@seab.pr.gov.br)

<sup>4</sup>Engenheira florestal, Mestre, Pesquisadora da Embrapa Florestas, [marilice.garrastazu@embrapa.br](mailto:marilice.garrastazu@embrapa.br)

<sup>5</sup>Estatística, Mestre, Analista da Embrapa Florestas, [luziane.franciscon@embrapa.br](mailto:luziane.franciscon@embrapa.br)

espacial das espécies e análises de vizinhança, cujos resultados subsidiam a construção e ajuste de modelos de árvores individuais dependentes da distância, também denominados modelos espaciais (VANCLAY, 1994).

Além de sua utilização na manutenção e remediação de parcelas, o conjunto de polígonos correspondentes às copas também pode ser empregado para o cálculo da cobertura de copas dentro da parcela. Essa variável se refere à proporção ocupada pela projeção das copas em relação à superfície da floresta e é usada tanto em abordagens ecológicas quanto silviculturais. A própria definição de florestas pela FAO se baseia em critérios que envolvem a cobertura de copas (FAO, 2010).

Outra vantagem da utilização dos SIGs associados a dados de inventários florestais é a possibilidade de realizar simulações relativas a variadas formas de intervenção na floresta, previamente à sua execução. Subsequentemente, pode-se modelar a resposta a tais intervenções, criando cenários virtuais que demonstram as consequências de longo prazo correspondentes a diversas opções de manejo, por exemplo (PRETZSCH et al., 2008). Isso é particularmente relevante no caso de formações florestais pertencentes ao domínio da Mata Atlântica – como a Floresta Ombrófila Mista – onde as práticas silviculturais são proibidas pela legislação (BRASIL, 2006).

Os princípios básicos que norteiam a silvicultura afirmam que toda prática de manejo se constitui em distúrbios planejados com o objetivo de acelerar a sucessão vegetal, revertê-la ou desacelerá-la (McEVOY, 2004). A sucessão, por sua vez, é determinada pelo desempenho das árvores ao competir por recursos como luz, água, ar e nutrientes e, também, por sua tolerância às condições ambientais adversas correspondentes, tais como, sombra, seca, fogo, frio, neve, etc. (KOCHER; HARRIS, 2007). A competição influencia a quantidade e a distribuição do crescimento nas árvores, podendo ser medida pelos seus impactos sobre: i) a quantidade de carbono fixada por área foliar e ii) tamanho e estrutura da copa (PERRY, 1985).

Índices de competição para a árvore individual podem ser gerados a partir de estimativas da área de projeção horizontal da copa (APHC) (BELLA, 1971; OPIE, 1968), embora nem sempre esta

variável esteja entre as que são medidas por ocasião dos inventários florestais no Brasil (COSTA et al., 2013). Tratamentos silviculturais também podem ser determinados com base na regulação das dimensões da copa, considerando que a largura da copa serve como parâmetro para dimensionar o espaço vital (bidimensional) (NUTTO, 2001).

Assim, quando o inventário florestal contém informações relativas aos raios ou diâmetros das copas, é conveniente que o SIG associado ao processamento de dados seja capaz de gerar as respectivas projeções horizontais, representando-as como polígonos cujas áreas serão calculadas automaticamente. O formato dos polígonos dependerá da estrutura dos dados de entrada: em se tratando de vários raios coletados na direção dos pontos cardeais, por exemplo, no próprio SIG é possível conectar as extremidades dos raios, gerando polígonos irregulares. Por outro lado, se apenas duas dimensões da projeção da copa estão disponíveis – geralmente dois diâmetros tomados em direções perpendiculares – o SIG possui ferramentas capazes de gerar projeções em formato de elipse com base nas medidas fornecidas para o maior e o menor eixo.

O presente trabalho considera esta última opção para demonstrar, em forma de roteiro prático, como gerar a projeção horizontal de copas cujas dimensões foram adquiridas durante um levantamento de campo na forma de dois diâmetros tomados, respectivamente, na direção paralela e perpendicular em relação ao eixo da parcela.

## **Roteiro prático para a geração de projeção horizontal de copas de árvores no SIG**

### **Dados e programas utilizados**

Os programas de SIG adotados para o desenvolvimento da metodologia são de código aberto e estão disponíveis para *download* em <http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html> (Quantum GIS versões Dufour 2.0.1 e Lisboa 1.8.0) e <http://www.gvsig.org/web/projects/gvsig-desktop/official/gvsig-1.11/downloads> (gvSIG). Embora a maioria das funções utilizadas seja encontrada nos dois programas, existem algumas funcionalidades específicas, por vezes disponibilizadas sob a forma de *plug-ins* específicos. Assim, valendo-se da interoperabilidade entre os programas devido

ao formato comum empregado para os arquivos vetoriais (*shapefile*) e tabulares (*dbf*), é possível utilizar o QGIS e o gvSIG conforme a necessidade, a etapa de processamento e a função desejada. No caso desta aplicação, apenas para a rotação e translação de feições foi usado o gvSIG, sendo todas as demais operações realizadas no QGIS.

Os dados empregados como exemplo neste roteiro advêm de parcelas permanentes de inventário florestal na região da FOM (Floresta Ombrófila Mista) no centro-sul do Paraná. Cada parcela possui 2.500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m) de área, sendo dividida em quatro subparcelas de 25 m x 25m cada (625 m<sup>2</sup>). Em todas as árvores com CAP > 15 cm (DAP > 5 cm) determinou-se a circunferência à altura do peito (CAP), altura total (HT), altura de fuste (HF), posição da planta na parcela (coordenadas X, Y) e diâmetro de copa, tomado em duas medidas perpendiculares entre si.

### Inserção dos dados no SIG

A espacialização das árvores em formato vetorial (pontos) é efetuada por meio da função denominada "Adicionar camada de eventos", a partir da importação da planilha de dados em formato dbf, fornecendo o nome das colunas X e Y para as coordenadas dos eixos respectivos. Alternativamente, pode-se usar uma conexão ODBC para efetuar a importação diretamente (ROSOT et al., 2011). Deve-se atentar para o fato de que tais coordenadas estão referenciadas a um eixo cartesiano, cuja origem (0,0) encontra-se no canto inferior esquerdo da parcela e, não, a um sistema de coordenadas georreferenciado, próprio dos SIGs.

Assim, após gerar os pontos das árvores é necessário reposicioná-los geograficamente, movendo-os em bloco até a localização da parcela cujos vértices, nesse trabalho, foram obtidos por meio de levantamento com GPS de precisão submétrica, pós-processado. Como a parcela não está instalada conforme a orientação norte-sul também é necessário rotacionar todos os pontos em bloco para que se encaixem na área representada pelo polígono da parcela no plano de informação geográfica. É importante que o arquivo tabular de pontos contenha uma coordenada extra, com código diferenciado, correspondente ao vértice inferior esquerdo da parcela (0,0), que servirá como ponto de referência no momento da rotação do

bloco de pontos. Até o momento apenas o gvSIG provê ferramentas para a rotação de pontos em blocos. Procedimentos para a execução dessas operações encontram-se descritos em Beckert et al. (2011) e Rosot et al. (2010).

### Medição de ângulo

Quando os pontos das árvores estiverem próximos à sua correta localização espacial pode-se proceder à geração da projeção horizontal das copas. No entanto, pelo fato de as medições dos diâmetros de copa terem sido tomadas obedecendo ao alinhamento dos eixos horizontal e longitudinal da parcela, é necessário medir o ângulo de inclinação da parcela em relação ao eixo horizontal do plano de informação geográfica.

No QGIS a ferramenta de medição de ângulos encontra-se no menu superior e, para ser utilizada, basta selecionar a opção "Ângulo". O ângulo formado entre a horizontal e a linha correspondente ao eixo "X" da parcela pode ser medido desde que haja um referencial perfeitamente alinhado com a horizontal. É importante assegurar-se da posição considerada como eixo "X" da parcela e a origem do sistema de coordenadas cartesiano empregado na medição em campo.

Para garantir uma referência exata em relação à horizontal do mapa, é conveniente criar um arquivo vetorial auxiliar em que um dos vértices coincida com a origem do eixo cartesiano empregado para a localização das árvores na parcela. Arquivos vetoriais retangulares, alinhados com a horizontal (do mapa no SIG) podem ser gerados com auxílio de ferramentas disponíveis no *plug-in* "Rectangles, Ovals Digitizing" do QGIS. Tal *plug-in* pode ser acessado e instalado por meio do Menu *Complementos – Gerenciar e instalar complementos* (Figura 1).

Cria-se um arquivo vetorial novo, tomando-se o cuidado de configurar os ajustes de *snaps* entre a camada do limite da parcela e do polígono auxiliar, para fazer coincidir exatamente os nós do vértice comum às duas feições. Para a geração do polígono seleciona-se a ferramenta "Rectangle by extent" clicando-se no ícone , posicionando-se o mouse sobre um dos vértices inferiores do limite da parcela, arrastando-o para criar um retângulo cuja base está alinhada com a horizontal.

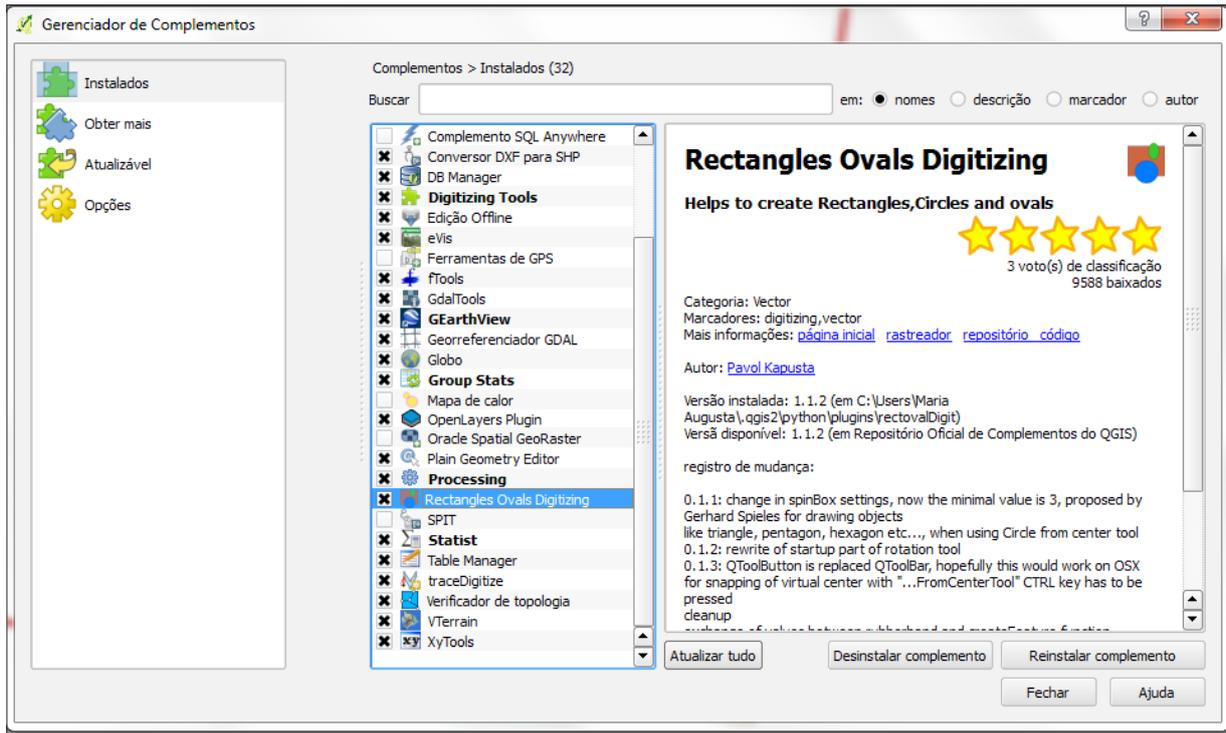


Figura 1. *Plug-in Rectangles Ovals Digitizing* disponível para instalação no QGIS via *Gerenciador de Complementos Python*.

Depois disso, usa-se a ferramenta de medição de ângulos, clicando-se em dois pontos ao longo do eixo "X" da parcela, sendo o segundo ponto coincidente com o vértice da parcela (posição de coordenada 0,0); na sequência, clicar em mais um

ponto ao longo da base do polígono auxiliar, que representa a horizontal do mapa (Figura 2).

A medida desse ângulo – 97,5 graus no exemplo da Figura 2 - será usada como *input* no *plug-in* de geração de elipses.

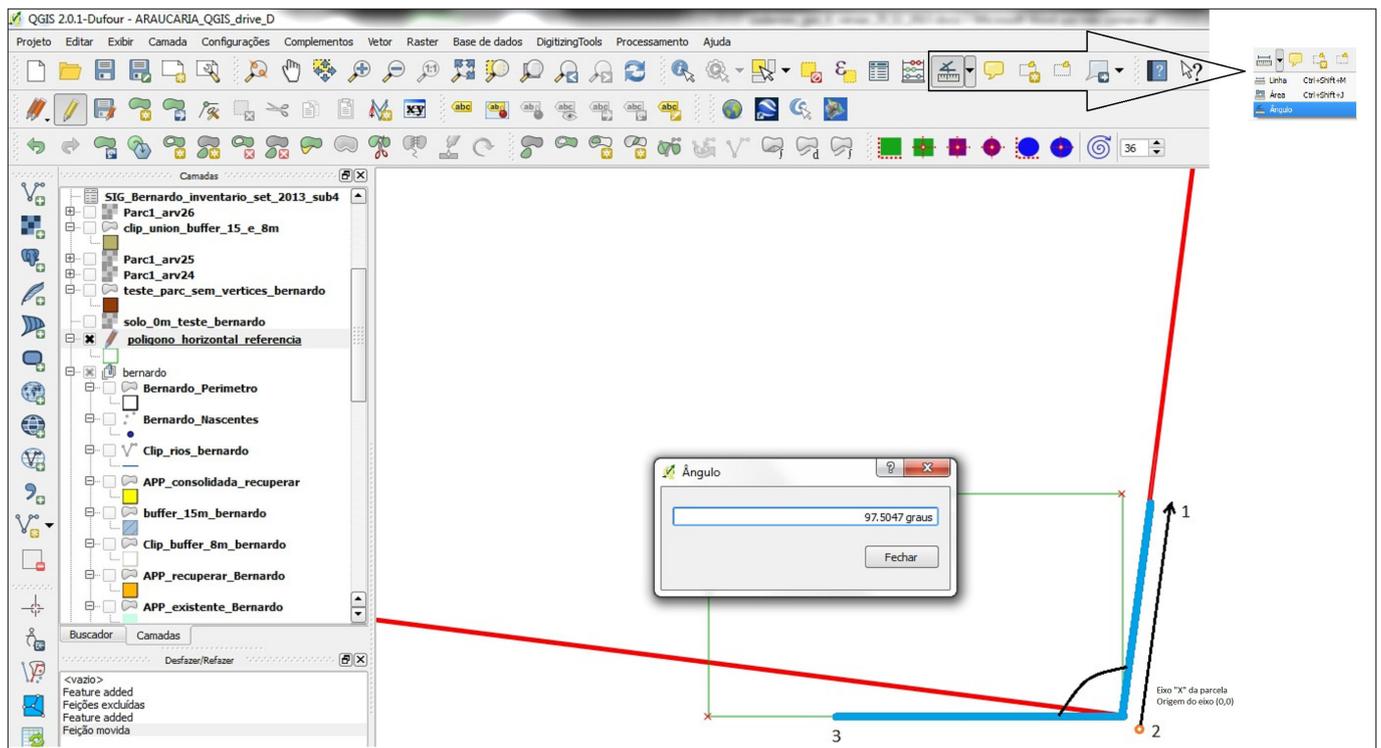


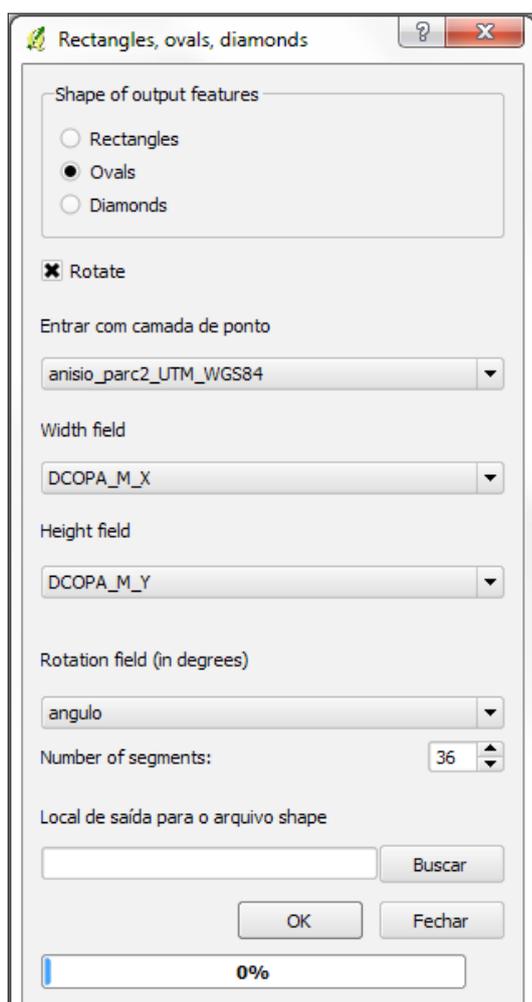
Figura 2. Janela do QGIS mostrando a ferramenta e procedimento para medição de ângulos. O retângulo alinhado à horizontal é o polígono auxiliar. Os números 1, 2 e 3 representam a ordem e local dos pontos a serem clicados com o mouse.

### **Plug-in de geração de elipses (rectangles, ovals diamonds)**

O *plug-in Rectangles, ovals diamonds* para a geração da projeção das copas e outras funções atualmente só está disponível para a versão QGIS Lisboa 1.8.0, não tendo sido, ainda, adaptada à versão 2.0.1 (QGIS Dufour). O processo adaptado de instalação segue os mesmos procedimentos adotados para outros *plug-ins* por meio do Menu *Complementos – Gerenciar e instalar complementos*.

Porém, antes de usar a ferramenta propriamente dita, deve-se editar a tabela de pontos das árvores, criando um novo campo (ângulo), preenchendo todos os registros com o mesmo valor (o ângulo medido anteriormente).

Na sequência, seleciona-se o *plug-in* na barra *Complementos – Rectangles Ovals Diamonds*, informando-se as opções na caixa de diálogo (Figura 3).



**Figura 3.** Janela do QGIS mostrando a caixa de diálogo do *plug-in Rectangles Ovals Diamonds*.

Preencher o *plug-in* com a opção *Rotate* selecionada e informar o nome do arquivo com os pontos das árvores, os campos que contêm os diâmetros da projeção da copa, o campo correspondente ao ângulo medido, deixando-se o valor *default* (36) para o número de segmentos e fornecendo um nome para o arquivo de saída.

Dessa forma, as elipses serão criadas com a orientação correta em relação à parcela instalada em campo, gerando um mapa de árvores e respectivas projeções horizontais de copa.

### **Simbologia para ordenar copas por altura**

Como as projeções de copa sobre o plano horizontal não fornecem informações visuais sobre seu posicionamento vertical em relação ao dossel da floresta, é possível empregar artifícios tais como a utilização de cores diferentes para representar diferentes classes de altura. As alturas totais, relativas a cada árvore, devem estar armazenadas em um dos campos da tabela de inventário.

Para isso, primeiramente é necessário classificar as alturas. Dependendo da amplitude de distribuição das alturas, classes de 1 m serão adequadas à representação por cor. Deve-se verificar, na tabela de atributos dos pontos das árvores, a altura total máxima. Em seguida, clicando com o botão direito sobre o nome da camada das projeções de copa, selecionar *Propriedades*. Na caixa de diálogo que se abre, na aba *Estilo*, escolher *símbolo graduado*, informar o nome do campo (coluna) sobre o qual se baseará a classificação, o número de classes (que equivale à altura total máxima) e selecionar a opção de *Intervalos com quebras claras* em *Modo*. Selecionar uma cor de paleta (verde, no exemplo) e clicar no botão *Classificar*.

Para que se possa visualizar também as copas das árvores menores, sob as árvores mais altas, é conveniente adotar níveis de transparência para as classes de altura. Deve-se selecionar todas as classes com a tecla *"Shift"* e clicar com o botão direito para mudar transparência (50%). Em *Avançado*, selecionar ordem de aparecimento das feições dentro do *shape*, colocando-as em ordem crescente da classe mais baixa de altura para a mais alta. Números menores significam que a feição ficará abaixo das que têm número maior.

Na Figura 4 são mostradas as caixas de diálogo e opções relativas à simbologia empregada para a representação da camada de projeção de copas.

A Figura 5 mostra o aspecto final do mapa de árvores e respectivas projeções horizontais de copa para a parcela empregada como exemplo, tendo-se fornecido cores diferentes para as quatro subparcelas.

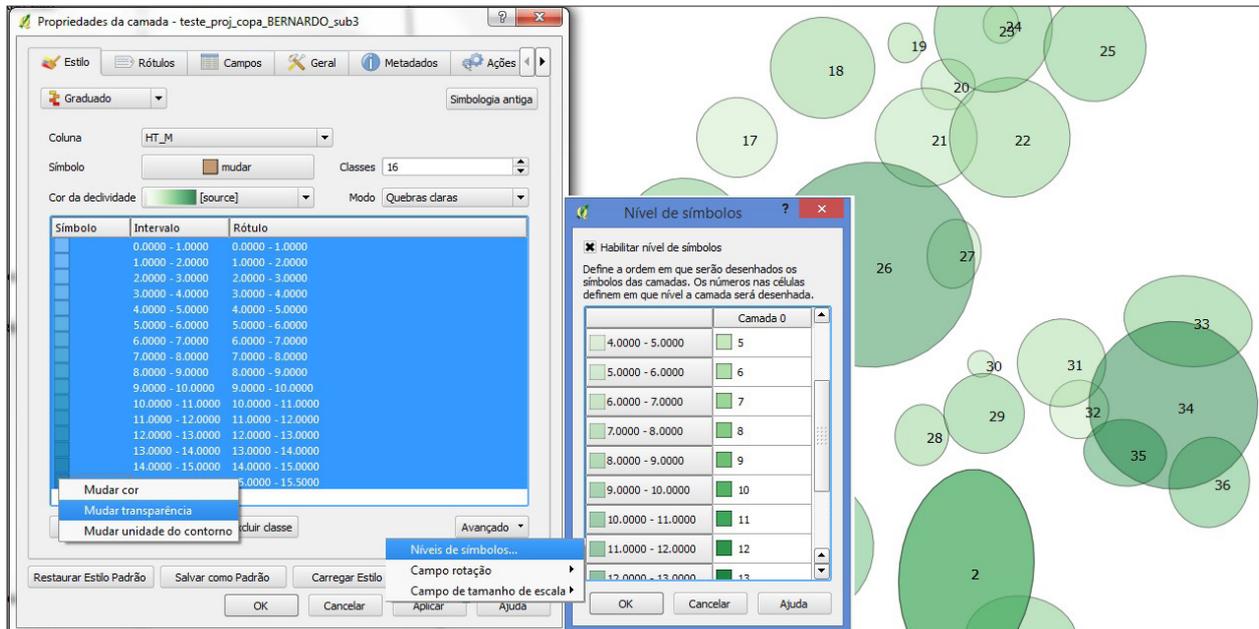


Figura 4. Janela das propriedades da camada de projeção horizontal das copas com opções para símbolos graduados, classificação por campo, transparência e nível de símbolos.

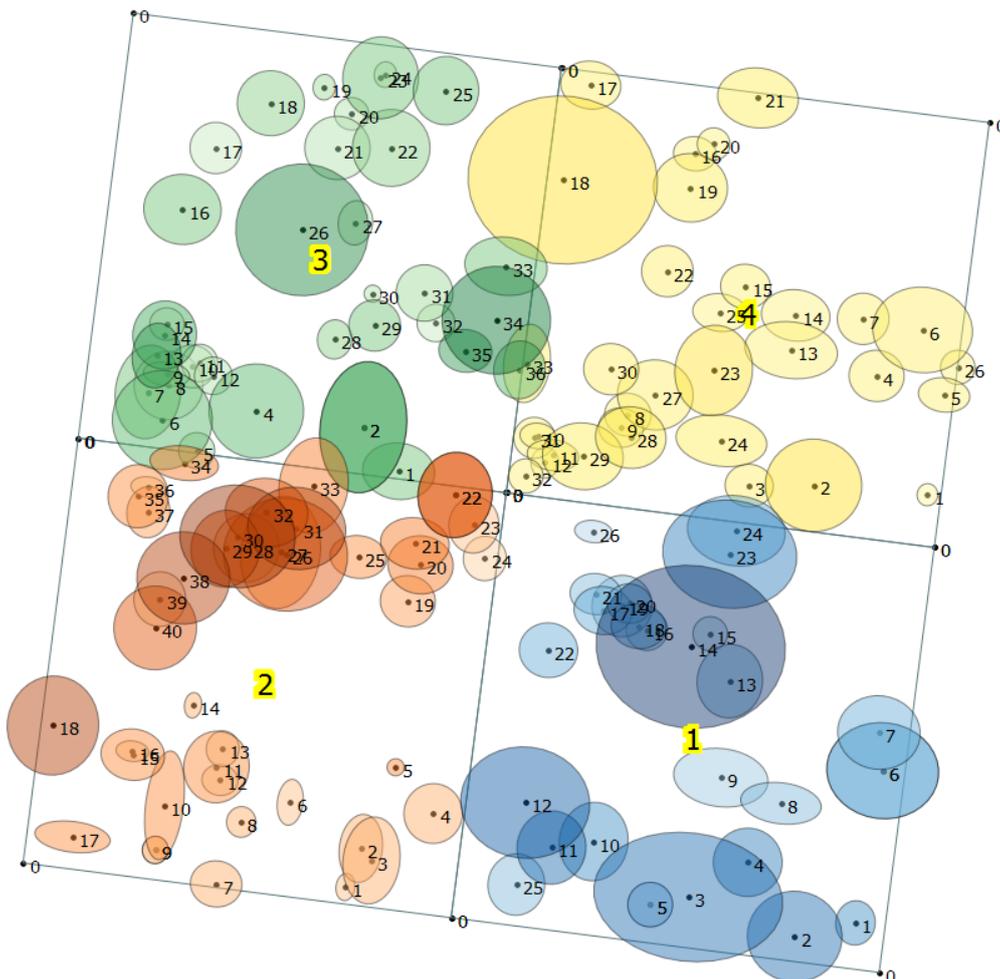


Figura 5. Representação do mapa de árvores e de projeção de copas empregadas no estudo.

## Referências

- BECKERT, S. M.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C.; GARRASTAZÚ, M. C. Estruturação de um Sistema de Informações Geográficas no gvSIG para o monitoramento florestal com parcelas permanentes. In: JORNADA LATINOAMERICANA E DO CARIBE DO GVSIG. 3., 2011, Foz do Iguaçu. **Compartilhando um projeto comum**: [anais eletrônicos]. Valencia: Asociación gvSIG, 2011. p. 165-168. Disponível em <[http://gvsig.gva.es/download/events/jornadas-lac/3as-jornadas-lac/Resumenes\\_3as\\_Jornadas\\_LAC\\_gvSIG.pdf](http://gvsig.gva.es/download/events/jornadas-lac/3as-jornadas-lac/Resumenes_3as_Jornadas_LAC_gvSIG.pdf)>. Acesso em 25 nov. 2013.
- BELLA, I. E. A new competition model for individual trees. *Forest Science*, Lawrence, v. 17, p. 364-372, 1971.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm)>. Acesso em: 18 nov. 2007. Publicado originalmente no: Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, n. 246, p. 1, 26 dez. 2006.
- COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; CUNHA, T. A. Influência da posição social e do número de raios na estimativa da área de copa em araucária. *Floresta*, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 429-438, 2013.
- FAO. Forestry Department. **Global forest resources assessment 2010**: terms and definitions. Rome, 2010. 27 p. (Working paper, 144/E). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2013.
- KOCHER, S. D.; HARRIS, R. R. **Tree growth and competition**. Oakland, CA: University of California, 2007. 10 p. (Forest Stewardship Series 5. UCANR publication, 8235). Disponível em <<http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8235.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2013.
- McEVOY, T. J. **Positive impact forestry**: a sustainable approach to managing woodlands. Washington, DC: Island Press, 2004. 268 p.
- NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 11, n. 2, p. 9-25, dez. 2001.
- OPIE, J. E. Predictability of individual tree growth using various definitions of competing basal area. *Forest Science*, Lawrence, v. 14, p. 314-323, 1968.
- PERRY, D. A. The competition process in forest stands. In: CANNELL, M. G. R.; JACKSON, J. E. (Ed.). **Attributes of trees as crop plants**. Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology, 1985. p. 481-506.
- PRETZSCH, H.; GROTE, R.; REINEKING, B.; RÖTZER, T.; SEIFERT, S. Models for forest ecosystem management: A European perspective. *Annals of Botany*, London, v. 101, p. 1065-1087, 2008.
- ROSOT, M. A. D.; ALBERGONI, L.; GARRASTAZU, M. C.; OLIVEIRA, Y. M. M.; LACERDA, A. E. B. de; BAGGIO, A. J. **Uso do SIG no monitoramento de experimentos de regeneração artificial com essências nativas em um fragmento de Floresta de Araucária**. Colombo, Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 258).
- ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; BECKERT, S. M. **Cadernos de geoprocessamento (2)**: roteiro prático para a conexão de tabelas externas ao software gvSIG via driver ODBC baseado em estudo de caso. Colombo, Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 291).
- VANCLAY, J. K. **Modelling forest growth and yield**: applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB International, 1994. 312 p.

### Comunicado Técnico, 332

**Embrapa Florestas**  
**Endereço:** Estrada da Ribeira Km 111, CP 319  
 Colombo, PR, CEP 83411-000  
**Fone / Fax:** + 55 41 3675-5600  
<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

1ª edição  
 Versão eletrônica (2014)



### Comitê de Publicações

**Presidente:** *Patrícia Póvoa de Mattos*  
**Secretária-Executiva:** *Elisabete Marques Oaida*  
**Membros:** *Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme Schnell e Schuhlí, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Penteadó*

### Expediente

**Supervisão editorial:** *Patrícia Póvoa de Mattos*  
**Revisão de texto:** *Patrícia Póvoa de Mattos*  
**Normalização bibliográfica:** *Francisca Rasche*  
**Editoração eletrônica:** *Rafaele Crisostomo Pereira*